

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-124233

(43)Date of publication of application : 24.04.1992

(51)Int.CI. C22C 1/02

(21)Application number : 02-240103

(71)Applicant : LEOTEC:KK

(22)Date of filing : 12.09.1990

(72)Inventor : YAMAGUCHI RYUJI

FUJIKAWA YASUO

TAKEBAYASHI KATSUHIRO

HIRAI MASAZUMI

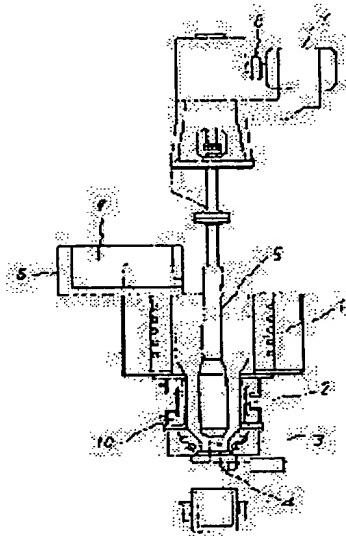
(54) MANUFACTURE OF HALF-SOLIDIFIED METAL

(57)Abstract:

PURPOSE: To discharge half-solidified metal with a fixed solid phase rate by operating torque exerting on a stirrer from the viscosity of half-solidified metal and controlling its discharging flow rate so that the torque obtd. by a torque detector will be regulated to the value of the operated torque or below.

CONSTITUTION: By a bath 2 for molten metal having cooling means 10 and a stirrer 5, cooling and stirring effects are given while molten metal is fed to the space between the inner wall of the bath 2 and the stirrer 5, and half-solidified metal is continuously manufactured and is discharged through a discharge nozzle 14. Then, stirring torque exerting on the stirrer 5 is operated from the apparent viscosity of the half-solidified metal. The opening degree of the discharge nozzle 4 is regulated and the discharging flow rate of the solidified metal is controlled so that the torque obtd. by a torque detector 8 set at a rotating and driving system 7 of the stirrer 5 will be regulated to the operated torque value or below.

In this way, accidents to the half-solidified metal such as clogging in a device can be evaded.



⑫ 公開特許公報 (A) 平4-124233

⑩ Int. Cl. 5

C 22 C 1/02

識別記号 行内整理番号
B 8928-4K

⑪ 公開 平成4年(1992)4月24日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全8頁)

④ 発明の名称 半凝固金属の製造方法

② 特 願 平2-240103

② 出 願 平2(1990)9月12日

⑦ 発明者 山口 隆二 千葉県千葉市川崎町1番地 株式会社レオテック内
 ⑦ 発明者 藤川 安生 千葉県千葉市川崎町1番地 株式会社レオテック内
 ⑦ 発明者 竹林 克浩 千葉県千葉市川崎町1番地 株式会社レオテック内
 ⑦ 発明者 平居 正純 千葉県千葉市川崎町1番地 株式会社レオテック内
 ⑦ 出願人 株式会社レオテック 東京都港区西新橋1丁目7番2号
 ⑦ 代理人 弁理士 杉村 晓秀 外5名

明細書

記

1. 発明の名称 半凝固金属の製造方法

$$\eta = \eta_0 + 4R^{0.3}/(1/f_{sc}-1/f_{scx}) \quad \text{--- (1)}$$

2. 特許請求の範囲

$$f_{scx} = 0.65 - 0.25 R^{1/2} \quad \text{----- (2)}$$

$$G = 4 \pi r^2 L \omega \eta / (1 - \alpha^2) \quad \text{----- (3)}$$

1. 冷却手段を有する溶融金属の槽とその中心において回転する攪拌子とによって、槽の内壁と攪拌子との隙間に溶融金属を供給しつつ冷却攪拌効果を与えて、半凝固金属を連続的に製造し、排出ノズルを通して排出する場合において、

攪拌子に作用する攪拌トルクを半凝固金属のみかけ粘度から演算し、攪拌子の回転駆動系に設置したトルク検出器より得られたトルクが上記演算トルク値以下になるように排出ノズルの開度を調整し排出流量を制御することを特徴とする半凝固金属の製造方法。

2. みかけ粘度から計算するトルク値を下記(1)～(3)式によって算出する請求項1に記載した半凝固金属の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は非樹枝状初晶が金属融体中に分散した固体-液体金属混合物（簡単のため単に半凝固金属と呼ぶ）を連続的に安定に製造するための方法を提案するものである。

(従来の技術)

半凝固金属は溶融金属（一般には合金）を冷却しながら激しく攪拌して、融体中で生成しつつある樹枝状晶を、その枝部が消失ないしは縮小して丸味を帯びた形態に破碎、分散し金属融体と混在させることにより形成させるものである。

半凝固金属を連続的に製造する装置は従来より種々提案され（たとえば特公昭56-20944号公報）ているが、これらの装置を用いて半凝固金属を連

統的に製造した場合、この連続製造に供される注入浴湯金属の温度または半凝固金属の排出量または冷却強度等の外乱によって、この半凝固金属中の固体の量（固相率と呼ぶ）がある限界以上となると半凝固金属の粘性が急激に増加し、もはや流体としての挙動ではなくなり半凝固金属製造装置より排出することが不可能となる。

しかしこのような変化を検知するために、半凝固金属製造装置より排出される半凝固金属の温度を測定して排出される固相率を推定し、排出不可能となる固相率とならないようにする方法は從来より考えられているが、この方法では浴湯金属が冷却されて排出されるまで時間的遅れがあり、敏感に制御することは非常に難しく、長時間安定して半凝固金属を製造することは困難である。

(発明が解決しようとする課題)

発明者らは上記の半凝固金属製造装置に加わる外乱によって変化した場合でも半凝固金属が排出不能になるのを回避するとともに、ある範囲内の固相率をもった半凝固金属を安定に排出させること

とを課題として開発研究を進め、この発明に到達したものである。

(課題を解決するための手段)

この発明は冷却手段を有する浴湯金属の槽とその中心において回転する攪拌子とによって、槽の内壁と攪拌子との隙間に浴湯金属を供給しつつ冷却攪拌効果を与えて、半凝固金属を連続的に製造し、排出ノズルを通して排出する場合において、

攪拌子に作用する攪拌トルクを半凝固金属のみかけ粘度から演算し、攪拌子の回転駆動系に設置したトルク検出器より得られたトルクが上記演算トルク値以下になるように排出ノズルの開度を調整し排出流量を制御することを特徴とする半凝固金属の製造方法である。

また、みかけ粘度から計算するトルク値を下記(1)～(3)式によって算出することが有利である。

記

$$\eta = \eta_0 + 4R^{0.5}/(1/f_s - 1/f_{sc}) \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$f_{sc} = 0.65 - 0.25 R^{1/3} \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$G = 4 \pi r^2 L \omega \eta / (1 - \alpha^2) \quad \dots \dots \dots (3)$$

一般に半凝固金属のみかけ粘度は第1図に示すように融体中に分散した固体の分量（固相率 f_s ）に最も大きく影響され、ある固相率以上で急激にみかけ粘度が増加することが知られている。

また半凝固金属製造装置の装置特性（たとえば冷却強度、排出ノズル形状等）から排出可能な半凝固金属のみかけ粘度はおのずから決定されるものであり、したがってこの排出可能なみかけ粘度よりも高い固相率を持った半凝固金属は排出不可能となるが、本発明はこのような固相率の上昇を適切に回避するとともに、その限界的な固相率以下で安定して半凝固金属を搬出する方法が与えられる。

ここで発明者らはこの半凝固金属のみかけ粘度におよぼす要因を解析し、①～③式に示す関係式を導くことができた。

記

$$\eta = \eta_0 + 4R^{0.5}/(1/f_s - 1/f_{sc}) \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$f_{sc} = 0.65 - 0.25 R^{1/3} \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$G = 4 \pi r^2 L \omega \eta / (1 - \alpha^2) \quad \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 η は半凝固金属のみかけ粘度、 η_0 は液体金属のみかけ粘度、 R は半凝固金属の凝固速度、 f_s は半凝固金属の固相率、 f_{sc} は半凝固金属のみかけ粘度が無限大に漸近する時の半凝固金属の限界固相率を表している。

また本発明に適用している半凝固金属製造装置のような2重円筒内にある液体を攪拌するような装置において、攪拌子の回転トルク G は③式に示すように求めることができる。ここで α は攪拌子半径と攪拌槽内半径の比、 r は攪拌子半径、 L は攪拌子が半凝固金属に接触している長さ、 ω は攪拌子の回転角速度である。

(作用)

半凝固金属製造装置が決まり（冷却速度がほぼ決定される）、目標としている半凝固金属の排出固相率が決まれば、①、②式よりその時の半凝固金属のみかけ粘度が求まり、③式より攪拌子の攪拌トルクを演算することができる。したがって、これらの①、②、③式より求められた演算攪拌トルク値と、半凝固金属製造装置の攪拌軸に取り付

けたトルク検出器で検知された実測攪拌トルク値とを比較し、実測攪拌トルク値が演算攪拌トルク値より大きくならないようにコントロールすれば、目標とする固相率を持った半凝固金属を安定して排出することが可能となる。

ここで上記の回転トルクをコントロールする制御手段として発明者らは第2図に示すような関係を得ている。すなわち、半凝固金属製造装置より排出される半凝固金属の固相率は排出される半凝固金属の排出流量に密接に関係しており、排出流量をコントロールすることにより半凝固金属の固相率を変化させることができ、したがって①、③式から明らかなように攪拌子の攪拌トルクを変化させうることが判る。実際に排出流量を変化させる手段としては排出口に設置したスライド弁の開度を調整する。

(実施例)

この発明に供用する半凝固金属製造装置を第3図に示す。この装置は溶融金属溜用のタンディッシュ6を介して注入される溶湯金属9を保温する

ための保温槽1の下部に攪拌子5により攪拌されまた冷却水10により冷却される攪拌冷却槽2を配置し、その下に半凝固金属を排出するための排出槽3を配置し、さらに半凝固金属の排出流量をコントロールするためのスライド弁4を配置する一方、攪拌子5を回転させるための駆動用モータ7と駆動用モータ7の軸に取り付けられた攪拌子の回転トルク検出用のトルク検出器8をそなえている。

本発明を実施するにあたり、採用した制御方法を図式化すると第4図のようになる。すなわち、排出される半凝固金属の温度を測定して固相率を求めるとともに、①、②式より半凝固金属のみかけ粘度を計算し、③式より攪拌子の回転トルク G_{rot} を計算する。一方駆動用モータ7の軸に取り付けられたトルク検出器8のトルク値 G_{det} を実測し G_{rot} と G_{det} を比較する。 G_{rot} が G_{det} より大きい場合にはスライド弁を開け、半凝固金属の排出流量を増加させる。また G_{rot} が G_{det} より小さい場合にはスライド弁を閉め、排出流量を減少

させる。この動作を1秒毎に繰り返すことにより、目標としている固相率0.2の半凝固金属が安定して排出可能であった。

本発明を適用せずに排出される半凝固金属の温度測定のみでその製造を実施した場合と、本発明を適用した場合との半凝固金属の排出固相率変化を第5図に示す。従来法で製造した場合には、半凝固金属の排出固相率はかなり変動し最終的には排出不能となっているが、本発明を実施した場合には排出固相率は安定していることが判る。

(発明の効果)

この発明によりつぎに列記する効果を發揮する。

- 1) 一定の固相率を持った半凝固金属が安定して排出可能となる。
- 2) スタート時の操業開始が容易であり、長時間の連続操業にも安定した操業をおこなえ、半凝固金属の装置内閉塞などの事故が回避できる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は半凝固金属の固相率とそのみかけ粘度の関係図、

第2図は半凝固金属の排出流量とその時排出される半凝固金属の固相率の関係図、

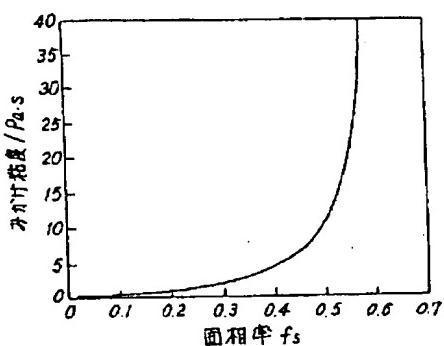
第3図は実施例で用いた半凝固金属製造装置の説明図である。

第4図は本発明による制御方法を示す流れ図、

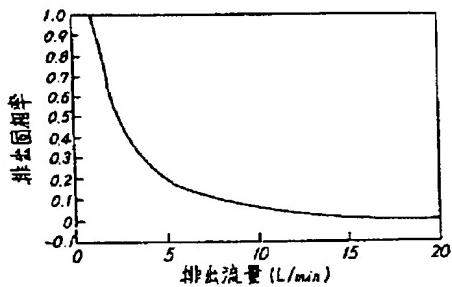
第5図は本発明を実施した場合に排出される半凝固金属の固相率推移を示す図表である。

1…保温槽	2…攪拌冷却槽
3…排出槽	4…スライド弁
5…攪拌用攪拌子	6…タンディッシュ
7…攪拌子駆動用モータ	
8…攪拌子トルク検出器	
9…溶湯	10…冷却水

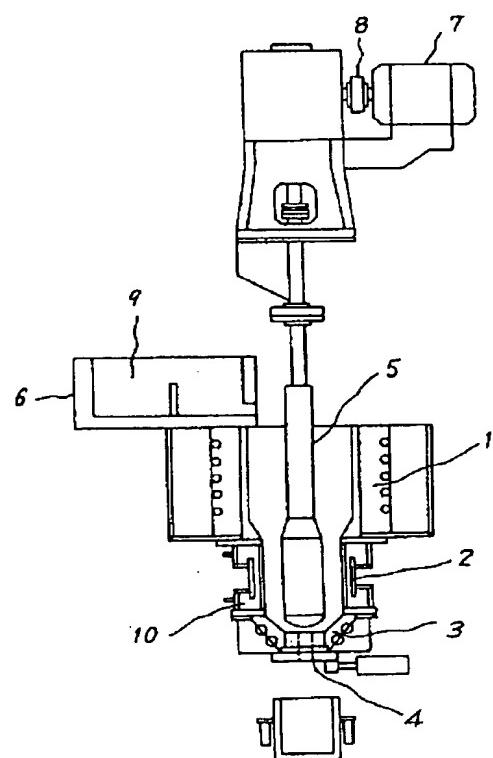
第1図



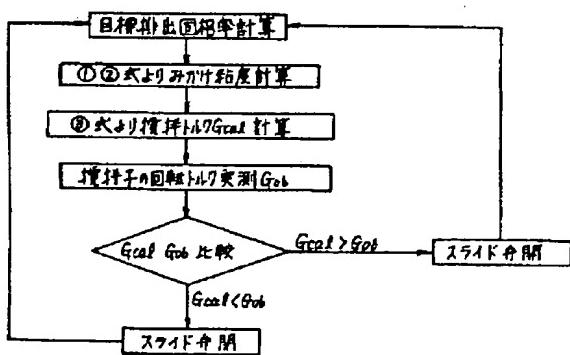
第2図



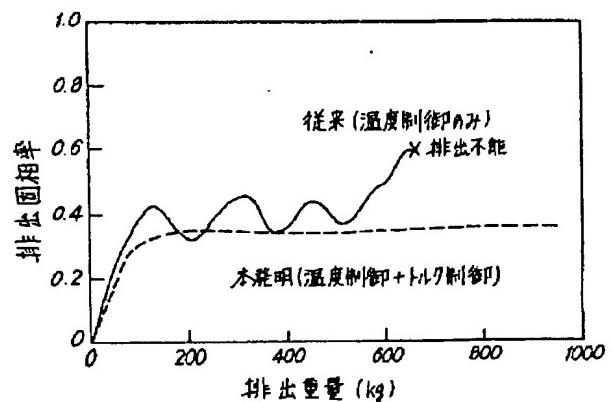
第3図



第4図



第5図



手 続 補 正 書

平成3年8月29日

特許庁長官 深沢 亘

1. 事件の表示

平成2年特許第240103号

2. 発明の名称

半凝固金属の製造方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

株式会社レオテック

4. 代理人

住所 東京都千代田区霞が関三丁目2番4号
霞山ビルディング7階 電話(3581)2241番(代表)

氏名 (5925)弁理士 杉村 輝秀

住所 同所

氏名 (7205)弁理士 杉村 興作

5. 補正の対象 明細書全文および図面

6. 補正の内容 (別紙のとおり)

図面中第4図を別紙の通りに訂正する。特許第

3.8.2

(訂正) 明細書

1. 発明の名称 半凝固金属の製造方法

2. 特許請求の範囲

1. 冷却手段を有する溶融金属の槽とその中心において回転する攪拌子とによって、槽の内壁と攪拌子との隙間に溶融金属を供給しつつ冷却攪拌効果を与えて、半凝固金属を連続的に製造し、排出ノズルを通して排出する場合において、

攪拌子に作用する攪拌トルクを目標とする排出固相率の半凝固金属の製造条件から演算し、攪拌子の回転駆動系に設置したトルク検出器より得られたトルクが上記演算トルク値以下になるように排出ノズルの開度を調整し排出流量を制御することを特徴とする半凝固金属の製造方法。

2. 製造条件から計算するみかけ粘度およびトルク値を下記(1)～(3)式によって算出する請求項1に記載した半凝固金属の製造方法。

法を提案するものである。

(従来の技術)

半凝固金属は溶融金属（一般には合金）を冷却しながら激しく攪拌して、融体中に生成しつつある樹枝状晶を、その枝部が消失ないしは縮小して丸味を帯びた形態に破碎、分散し金属融体と混在させることにより形成されるものである。

半凝固金属を連続的に製造する装置は従来より種々提案され（たとえば特公昭56-20944号公報）ているが、これらの装置を用いて半凝固金属を連続的に製造した場合、この連続製造に供される注入溶湯金属の温度または半凝固金属の排出量または冷却強度等の外乱によって、この半凝固金属中の固体の量（固相率と呼ぶ）がある限界以上となると半凝固金属の粘性が急激に増加し、もはや流体としての挙動ではなくなり半凝固金属製造装置より排出することが不可能となる。

しかしこのような変化を検知するために、半凝固金属製造装置より排出される半凝固金属の温度を測定して排出される固相率を推定し、排出不可

記

$$\eta = \eta_0 + 4R^{0.5} / (1/f_s - 1/f_{sc}) \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$f_{sc} = 0.65 - 0.25 R^{1/3} \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$G = 4\pi r^2 L \omega \eta / (1 - \alpha^2) \quad \dots \dots \dots (3)$$

η : 半凝固金属のみかけ粘度 (Pa・s)

η_0 : 液体金属のみかけ粘度 (Pa・s)

f_s : スラリー状金属の固相率 (-), $f_{sc} > f_s$

R : 溶融金属の凝固開始温度（液相線温度）以下での凝固中の平均凝固速度 ($\% \cdot s^{-1}$)

G : 回転トルク (N・m)

r : 攪拌子半径 (m)

α : 攪拌子半径と攪拌槽内半径の比 (-)

L : 攪拌子が半凝固金属に接触している長さ (m)

ω : 攪拌子の回転角速度 (s^{-1})

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は非樹枝状初晶が金属融体中に分散した固体-液体金属混合物（簡単のため単に半凝固金属と呼ぶ）を連続的に安定に製造するための方

能となる固相率とならないようにする方法は従来より考えられているが、この方法では溶湯金属が冷却されて排出されるまで時間的遅れがあり、敏感に制御することは非常に難しく、長時間安定して半凝固金属を製造することは困難である。

(発明が解決しようとする課題)

発明者らは上記の半凝固金属製造装置に加わる外乱によって変化した場合でも半凝固金属が排出不能になるのを回避するとともに、ある範囲内の固相率をもった半凝固金属を安定に排出させることを課題として開発研究を進め、この発明に到達したものである。

(課題を解決するための手段)

この発明は冷却手段を有する溶融金属の槽とその中心において回転する攪拌子とによって、槽の内壁と攪拌子との隙間に溶融金属を供給しつつ冷却攪拌効果を与えて、半凝固金属を連続的に製造し、排出ノズルを通して排出する場合において、

攪拌子に作用する攪拌トルクを目標とする排出固相率の半凝固金属の製造条件から演算し、攪拌

子の回転駆動系に設置したトルク検出器より得られたトルクが上記演算トルク値以下になるように排出ノズルの開度を調整し排出流量を制御することを特徴とする半凝固金属の製造方法である。

また、製造条件から計算するみかけ粘度およびトルク値を下記(1)～(3)式によって算出することが有利である。

記

$$\eta = \eta_0 + 4R^{0.5} / (1/f_s - 1/f_{sc}) \quad (1)$$

$$f_{sc} = 0.65 - 0.25R^{1/2} \quad (2)$$

$$G = 4\pi r^2 L \omega \eta / (1 - \alpha^2) \quad (3)$$

η ：半凝固金属のみかけ粘度 [Pa・s]

η_0 ：液体金属のみかけ粘度 [Pa・s]

f_s ：スラリー状金属の固相率 (−) , $f_{sc} > f_s$

R ：溶融金属の凝固開始温度(液相線温度)以下の凝固中の平均凝固速度 [%・s⁻¹]

G ：回転トルク [N・m]

r ：攪拌子半径 [m]

α ：攪拌子半径と攪拌槽内半径の比 (−)

L : 攪拌子が半凝固金属に接触している長さ

[m]

ω : 攪拌子の回転角速度 [s⁻¹]

一般に半凝固金属のみかけ粘度は第1図に示すように融体中に分散した固体の分量(固相率 f_s)に最も大きく影響され、ある固相率以上で急激にみかけ粘度が増加することが知られている。

また半凝固金属製造装置の装置特性(たとえば冷却強度、排出ノズル形状等)から排出可能な半凝固金属のみかけ粘度はおのずから決定されるものであり、したがってこの排出可能なみかけ粘度よりも高い固相率を持った半凝固金属は排出不可能となるが、本発明はこのような固相率の上昇を適切に回避するとともに、その限界的な固相率以下で安定して半凝固金属を排出する方法が与えられる。

ここで発明者らはこの半凝固金属のみかけ粘度におよぼす要因を解析し、(1)～(3)式に示す関係式を導くことができた。

$$\eta = \eta_0 + 4R^{0.5} / (1/f_s - 1/f_{sc}) \quad (1)$$

$$f_{sc} = 0.65 - 0.25R^{1/2} \quad (2)$$

$$G = 4\pi r^2 L \omega \eta / (1 - \alpha^2) \quad (3)$$

ここで、すでに触れたとおり、 η は半凝固金属のみかけ粘度 [Pa・s]、 η_0 は液体金属のみかけ粘度 [Pa・s]、 R は溶融金属の凝固開始温度(液相線温度)以下の凝固中の平均凝固速度 [%・s⁻¹]、 f_s は半凝固金属の固相率、 f_{sc} は半凝固金属のみかけ粘度が無限大に漸近する時の半凝固金属の限界固相率を表し、 $f_{sc} > f_s$ である。

なお上記(1)式によるみかけ粘度 η 、 R 及び(2)式による限界固相率 f_{sc} については、次の(1)'、(2)'式によってもよい。

$$\eta = 35000R^{0.5} \cdot \dot{\gamma}^{-1/2} / 2 (1/f_s - 1/f_{sc}) \quad (1)'$$

$$f_{sc} = 0.65 - 1.4R^{1/2} \cdot \dot{\gamma}^{-1/2} \quad (2)'$$

ここで $\dot{\gamma}$ ：剪断歪速度 [s⁻¹] である。

また本発明に適用している半凝固金属製造装置のような2重円筒内にある液体を攪拌するような装置において、攪拌子の回転トルク G は(3)式に示すように求めることができる。ここですでに触れたとおり、 α は攪拌子半径と攪拌槽内半径の比

(-)、 r は攪拌子半径 [m]、 l は攪拌子が半凝固金属に接触している長さ [m]、 ω は攪拌子の回転角速度 [s^{-1}] である。

(作用)

半凝固金属製造装置が決まり（冷却速度がほぼ決定される）、目標としている半凝固金属の排出固相率が決まれば、(1)、(2)式よりその時の半凝固金属のみかけ粘度が求まり、(3)式より攪拌子の攪拌トルクを演算することができる。したがって、これらの(1)、(2)、(3)式より求められた演算攪拌トルク値と、半凝固金属製造装置の攪拌軸に取り付けたトルク検出器で検知された実測攪拌トルク値とを比較し、実測攪拌トルク値が演算攪拌トルク値より大きくならないようにコントロールすれば、目標とする固相率を持った半凝固金属を安定して排出することが可能となる。

ここで上記の回転トルクをコントロールする制御手段として発明者らは第2図に示すような関係を得ている。すなわち、半凝固金属製造装置より排出される半凝固金属の固相率は排出される半凝

固金属の排出流量に密接に関係しており、排出流量をコントロールすることにより半凝固金属の固相率を変化させることができ、したがって(1)、(3)式から明らかなように攪拌子の攪拌トルクを変化させうることが判る。実際に排出流量を変化させる手段としては排出口に設置したスライド弁の開度を調整する。

(実施例)

この発明に供用する半凝固金属製造装置を第3図に示す。この装置は溶融金属専用のタンディッシュ6を介して注入される溶湯金属9を保温するための保温槽1の下部に攪拌子5により攪拌されまた冷却水10により冷却される攪拌冷却槽2を配置し、その下に半凝固金属を排出するための排出槽3を配置し、さらに半凝固金属の排出流量をコントロールするためのスライド弁4を配置する一方、攪拌子5を回転させるための駆動用モータ7と駆動用モータ7の軸に取り付けられた攪拌子の回転トルク検出用のトルク検出器8をそなえている。

本発明を実施するにあたり、採用した制御方法を図式化すると第4図のようになる。すなわち、排出される半凝固金属の温度を測定して凝固速度を求めるとともに、(1)、(2)式より目標の固相率に対する半凝固金属のみかけ粘度を計算し、(3)式より攪拌子の回転トルク G_{cal} を計算する。一方駆動用モータ7の軸に取り付けられたトルク検出器8のトルク値 G_{act} を実測し G_{cal} と G_{act} を比較する。 G_{cal} が G_{act} より小さい場合にはスライド弁を開け、半凝固金属の排出流量を増加させる。また G_{cal} が G_{act} より大きい場合にはスライド弁を閉め、排出流量を減少させる。この動作を1秒毎に繰り返すことにより、目標としている固相率0.2の半凝固金属が安定して排出可能であった。

本発明を適用せずに排出される半凝固金属の温度測定のみでその製造を実施した場合と、本発明を適用した場合との半凝固金属の排出固相率変化を第5図に示す。従来法で製造した場合には、半凝固金属の排出固相率はかなり変動し最終的には排出不能となっているが、本発明を実施した場合

には排出固相率は安定していることが判る。

(発明の効果)

この発明によりつぎに列記する効果を發揮する。

- 1) 一定の固相率を持った半凝固金属が安定して排出可能となる。
- 2) スタート時の操業開始が容易であり、長時間の連続操業にも安定した操業をおこなえ、半凝固金属の装置内閉塞などの事故が回避できる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は半凝固金属の固相率とそのみかけ粘度の関係図、

第2図は半凝固金属の排出流量とその時排出される半凝固金属の固相率の関係図、

第3図は実施例で用いた半凝固金属製造装置の説明図である。

第4図は本発明による制御方法を示す流れ図、
第5図は本発明を実施した場合に排出される半凝固金属の固相率推移を示す図表である。

1 … 保温槽 2 … 攪拌冷却槽
3 … 排出槽 4 … スライド弁

- 5 … 搅拌用攪拌子 6 … タンディッシュ
 7 … 攪拌子駆動用モータ
 8 … 攪拌子トルク検出器
 9 … 溶湯
 10 … 冷却水

第4図

特許出願人 株式会社 レオテック
 代理人 弁理士 杉 村 晓 秀
 同 弁理士 杉 村 興 作
 同 弁理士 佐 藤 安 徳
 同 弁理士 富 田 典
 同 弁理士 梅 本 政 夫
 同 弁理士 仁 平 孝

